

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



25 FEB 2005

(43) 国際公開日
2004 年 3 月 11 日 (11.03.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/021371 A1

(51) 国際特許分類: H01F 7/02, 41/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010844

(22) 国際出願日: 2003 年 8 月 27 日 (27.08.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-250657 2002 年 8 月 29 日 (29.08.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越化学工業株式会社 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-0004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 孝治 (SATO, Koji) [JP/JP]; 〒915-0802 福井県武生市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社 磁性材料

研究所内 Fukui (JP). 川端 光雄 (KAWABATA, Mitsuo) [JP/JP]; 〒915-0802 福井県武生市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社 武生工場内 Fukui (JP). 美濃輪 武久 (MINOWA, Takehisa) [JP/JP]; 〒915-0802 福井県武生市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社 磁性材料研究所内 Fukui (JP).

(74) 代理人: 小島 隆司 (KOJIMA, Takashi); 〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目16番12号 銀座大塚ビル 2 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

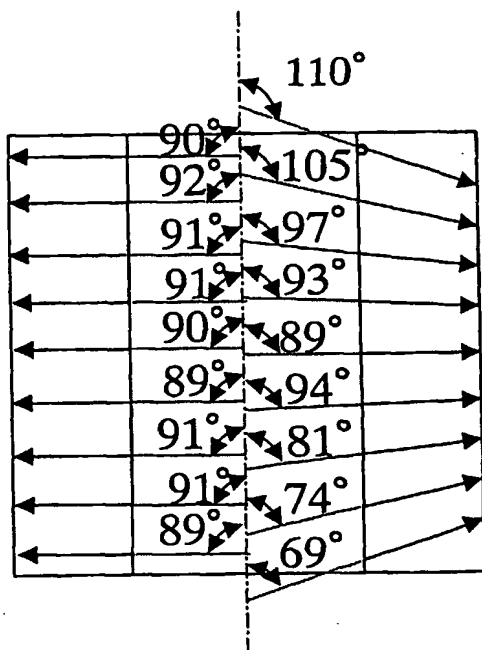
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: RADIAL ANISOTROPIC RING MAGNET AND METHOD OF MANUFACTURING THE RING MAGNET

(54) 発明の名称: ラジアル異方性リング磁石及びその製造方法



(57) Abstract: A radial anisotropic ring magnet, characterized in that an angle formed by the center axis and the radial anisotropic providing direction of the ring magnet is 80° to 100° through the entire area of the magnet.

(57) 要約: 磁石全般にわたり、リング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下であることを特徴とするラジアル異方性リング磁石。

明 細 書

ラジアル異方性リング磁石及びその製造方法

技術分野

5 本発明は、ラジアル異方性リング磁石及びその製造方法に関する。

背景技術

フェライトや希土類合金のような結晶磁気異方性材料を粉碎し、特定の磁場中でプレス成形を行い作製される異方性磁石は、スピーカ、モータ、計測器、その
10 他の電気機器等に広く使用されている。このうち特にラジアル方向に異方性を有する磁石は、磁気特性に優れ、自由な着磁が可能であり、またセグメント磁石のような磁石固定用の補強の必要もないため、ACサーボモータ、DCブラシレスモータ等に使用されている。特に近年はモータの高性能化にともない、長尺のラジアル異方性磁石が求められてきた。

15 ラジアル配向を有する磁石は垂直磁場垂直成形法又は後方押し出し法により製造される。垂直磁場垂直成形法は、プレス方向より、コアを介して磁場を対向方向から印加し、ラジアル配向を得ることを特徴とするものである。即ち、垂直磁場垂直成形法は、図1に示されるように、配向磁場コイル2において発生させた磁場をコア4及び5を介して対向させ、コアよりダイス3を通過し、成形機架台
20 1を経て循環するような磁気回路にて、充填磁石粉8をラジアル配向させるものである。なお、図中6は上パンチ、7は下パンチである。

このように、この垂直磁場垂直成形装置において、コイルにより発生した磁界はコア、ダイス成形機架台、コアとなる磁路を形成させている。この場合、磁場漏洩損失低下のため、磁路を形成する部分の材料には強磁性体を用い、主に鉄系
25 金属が使われる。しかし、磁石粉を配向させるための磁場強度は、以下のようにして決まってしまう。コア径をB（磁石粉充填内径）、ダイス径をA（磁石粉充填外径）、磁石粉充填高さをLとする。上下コアを通過した磁束がコア中央でぶつかり対向し、ダイスに至る。コアを通った磁束量はコアの飽和磁束密度で決定され、鉄製コアで磁束密度が20 kG程度である。従って磁石粉充填内外径での

配向磁場は、上下コアの通った磁束量を磁石粉充填部の内面積及び外面積で割ったものとなり、

$$2 \cdot \pi \cdot (B/2)^2 \cdot 20 / (\pi \cdot B \cdot L) = 10 \cdot B / L \cdots \text{内周、}$$

$$2 \cdot \pi \cdot (B/2)^2 \cdot 20 / (\pi \cdot A \cdot L) = 10 \cdot B^2 / (A \cdot L) \cdots \text{外周}$$

- 5 となる。外周での磁場は内周より小さいので、磁石粉の充填部すべてにおいて良好な配向を得るには、外周で10 kOe以上必要であり、このため、 $10 \cdot B^2 / (A \cdot L) = 10$ となり、従って、 $L = B^2 / A$ となる。成形体高さは充填粉の高さの約半分で、焼結時、更に8割程度になるので、磁石の高さは非常に小さくなる。このようにコアの飽和が配向磁界の強度を決定するためコア形状により
- 10 配向可能な磁石の大きさ即ち高さが決まってしまう、円筒軸方向に長尺品を製造することが困難であった。特に、径が小さな円筒磁石では非常に短尺品しか製造することができなかった。

また、後方押し出し法は設備が大掛かりで、歩留まりが悪く、安価な磁石を製造することが困難であった。

- 15 このようにラジアル異方性磁石は、いかなる方法においても製造が困難であり、安く大量に製造することは難しく、ラジアル異方性磁石を用いたモータも非常にコストが高くなってしまいうという不利があった。

- 近年、ユーザーからの材料並びに組み立て時のコストダウンの要請が強く、ラジアル異方性リング磁石においても、生産性及び組み立て性の向上が急務である。加えて、小型化、省力化から高性能化が望まれている。このようなユーザー
- 20 の要求を満たすためには、長尺のラジアル異方性リング磁石が好ましいとされている（長尺品は内径<L寸のものをいう）。

- 長尺品は組み立てコストが削減できるが、短尺品では複数個の段積みを行う際、以下の問題が生じる。即ち、磁石とモータコアは接着剤及び磁石と強磁性モータコアの磁気的な吸引力により接合されている。しかし、接着剤が剥がれた際に、磁石同士の吸引力が磁石とコアの吸引力よりも強く、N極とS極がくっついてしまう。これによりモータの役割をなさなくなる。また、剥がれていない状態においても、磁極のNとSがくっつくこうとする力により、接着剤にはせん断応力が働き、剥がれ易くなる。これに対し、一体物では上記のようなことが起こら
- 25

ず、仮に、接着剤が剥がれても、強磁性体であるモータコアと磁氣的な力により引き合うため分離することがない。

しかし、ラジアル異方性リング磁石の成形においては、図1に示される垂直磁場垂直成形法により成形がなされるが、このような通常の方法では、短尺ものしか製造できなかった。この場合、長尺一体物のラジアル磁石の製造法として、特開平2-281721号公報に提案がある。即ち、特開平2-281721号公報では、キャビティに充填された原料粉を配向及び加圧成形した成形体を、ダイス非磁性部に移し、その後できたダイス内磁性部分のキャビティに原料粉を充填し加圧成形し、更に得られた成形体を下方に移し、給粉、加圧成形を任意回数繰り返して、リング軸方向の寸法L（以下、L寸と呼ぶ）の大なる成形体を得る成形方法（以下、多段成形法という）を提案している。

この多段成形法によると、Lの大きなラジアル異方性リング磁石を製造することができる。しかし、この方法は給粉、成形を繰り返し行い、接合部が発生し、1つの多層な成形体を製造するので成形時間が長く、量産に適さないばかりか、成形体を成形する際の荷重が一定であるため、成形体密度が等しい焼結体において、成形体の接合面に亀裂が発生し易いという問題があった。この点の改善に関しては、特開平10-55929号公報に提案がある。即ち、特開平10-55929号公報では、多段成形時の成形体密度をNd-F e-B系磁石において 3.1 g/cm^3 以上とし、最終成形により（最終成形によりできた成形体を最終成形体と呼ぶ）、それまでの成形体（予備成形体という）より 0.2 g/cm^3 以上高い密度の成形体密度となるよう成形することで、成形体の接合面に発生する亀裂を軽減する提案がなされている。

しかし、該方法では圧力制御を厳密に行わなければならない、また、磁石粉の粒度及び粒度分布、バインダーの種類や量により磁石粉の状態は大きく異なり、最適圧力がその都度異なるため条件設定が難しい。加えて予備成形体密度が低いと2回目以降の磁場の影響を受けて磁気特性が悪く、最終成形体密度が低いと接合面に亀裂が発生し、最終成形体密度が高すぎると最終成形時に配向の乱れを生じてしまうため、特性と歩留まりを兼ね備えた長尺ラジアル異方性リング磁石の製造はきわめて困難であった。

発明の開示

本発明は、磁気特性の良好なラジアル異方性リング磁石、及び水平磁場垂直成形法による該ラジアル異方性リング磁石の製造方法を提供することを目的とする。

本発明は、上記目的を達成するため、下記のラジアル異方性リング磁石及びその製造方法を提供する。

(1) 磁石全般にわたり、リング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下であることを特徴とするラジアル異方性リング磁石。

(2) ラジアル異方性リング磁石におけるリング磁石中心軸との垂直面上において、ラジアル方向に対する磁石粉の平均配向度が 80% 以上であることを特徴とする(1)のラジアル異方性リング磁石。

(3) リング磁石の中心軸方向の長さを内径で割った値が 0.5 以上であることを特徴とする(1)又は(2)のラジアル異方性リング磁石。

(4) 円筒磁石用成形金型のコアの少なくとも一部の材質に飽和磁束密度 5 kG 以上を有する強磁性体を用い、金型キャビティ内に充填した磁石粉を水平磁場垂直成形法により磁石粉に配向磁界を印加して成形することにより、ラジアル異方性リング磁石を製造する方法であって、下記(i)～(v)

(i) 磁場印加中、磁石粉を金型周方向に所定角度回転させる、

(i i) 磁場印加後、磁石粉を金型周方向に所定角度回転させ、その後再び磁場を印加する、

(i i i) 磁場印加中、磁場発生コイルを磁石粉に対し金型周方向に所定角度回転させる、

(i v) 磁場印加後、磁場発生コイルを磁石粉に対し金型周方向に所定角度回転させ、その後再び磁場を印加する、

(v) 複数のコイル対を用い、1つのコイル対に磁場印加した後、他のコイル対に磁場を印加する

の操作のうち少なくとも一の操作を行い、磁石粉に対し一方向よりも多くの方向

から磁場を印加して、加圧成形で製造され、磁石全般にわたりリング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下であるラジアル異方性リング磁石を得ることを特徴とするラジアル異方性リング磁石の製造方法。

- 5 (5) 充填磁石粉を回転させる際、コア、ダイス及びパンチのうち少なくとも1つを周方向に回転させることで充填磁石粉を回転せしめることを特徴とする(4)のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

- (6) 磁場印加後充填磁石粉を回転させる際、強磁性コア及び磁石粉の残留磁化の値が 50 G 以上であり、コアを周方向に回転させることで磁石粉を回転せしめることを特徴とする(4)のラジアル異方性リング磁石の製造方法。
- 10

(7) 水平磁場垂直成形工程で発生する磁場が $0.5\sim 10\text{ kOe}$ であることを特徴とする(4)～(6)のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

- (8) 成形直前又は成形中の水平磁場垂直成形装置で発生する磁場が $0.5\sim 3\text{ kOe}$ であることを特徴とする(4)～(7)のラジアル異方性リング磁石の製造方法。
- 15

- (9) 1回又は複数回の磁場印加後、コイルよりの発生磁場を $0\sim 0.5\text{ kOe}$ 未満にした状態で磁石粉を $60\sim 120^{\circ} + n \times 180^{\circ}$ (n は0以上の整数)で回転させ、更にその前に印加した磁場の $1/20\sim 1/3$ の大きさの磁場を印加し、印加後又は印加中成形することを特徴とする(4)～(8)のラジアル異方性リング磁石の製造方法。
- 20

本発明によれば、性能に優れ、組み立て作業性がよいラジアル異方性リング磁石を廉価で大量に供給することができる。

図面の簡単な説明

- 25 図1はラジアル異方性円筒磁石を製造する際に使用する従来の垂直磁場垂直成形装置を示す説明図であり、(a)は縦断面図、(b)は(a)図におけるA-A'線断面図である。

図2はリング磁石の中心軸に対する種々のラジアル異方性付与方向の角度を示す説明図である。

図3は円筒磁石を製造する際に使用する水平磁場垂直成形装置の一実施例を示す説明図であり、(a)は平面図、(b)は縦断面図である。

図4は円筒磁石を製造する際に使用する水平磁場垂直成形装置で磁場発生時の磁力線の様子を模式的に示す説明図であり、(a)は本発明に係る成形装置の場合、(b)は従来の成形装置の場合である。

図5は円筒磁石を製造する際に使用する成形装置で、回転式水平磁場垂直成形装置の一例を示す説明図である。

図6は着磁機を用いて円筒磁石の着磁を行う様子を示す着磁模式図である。

図7は6極に多極着磁した円筒磁石と9個のステータ歯を組み合わせた3相モータの平面図を示したものである。

図8は本発明に係る水平磁場垂直成形機により作製したNd-F e-B系円筒磁石に6極着磁を行った際の表面磁束密度を示した図である。

図9は従来の水平磁場垂直成形機により作製したNd-F e-B系円筒磁石に6極着磁を行った際の表面磁束密度を示した図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明につき更に詳しく説明する。なお、以下では、主としてNd-F e-B系の円筒焼結磁石について説明するが、フェライト磁石、Sm-Co系希土類磁石及び各種ボンド磁石等の製造においても有効であり、Nd-F e-B系磁石に限るものではない。

本発明のラジアル異方性リング磁石は、好ましくは成形直前に磁場を変位させ、加圧成形により製造され、かつ、磁石全般にわたり、図2に示したように、リング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下である。この場合、リング磁石中心軸との垂直面上において、ラジアル方向に対する磁石粉の平均配向度が80%以上であることが好ましく、またリング磁石の中心軸方向の長さを内径で割った値が0.5以上であることが好ましい。

リング磁石中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角が 80° 以上 100° 以下の範囲から外れるに従い、ラジアル異方性リング磁石から生じる磁束量の余

弦成分のみしか回転力に寄与しなくなり、モータトルクが小さくなるので、リング磁石中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角を 80° 以上 100° 以下にする。加えて、ラジアルリング磁石の実用の多くは、ACサーボモータ、DCブラシレスモータ等であるが、モータにラジアル異方性リング磁石が使われる際、

5 コギング対策として磁石又はステータにスキューを施す。リング磁石中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角が $80 \sim 100^\circ$ から外れる角度であると、スキューの効果が軽減されてしまう。特に、ラジアル異方性リング磁石のL寸方向の端部でリング磁石中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角が $80 \sim 100^\circ$ からのずれが大きい場合、この傾向が顕著となる。スキューが施されている

10 場合、端部と中央部で逆の極になる部分があり、N極とS極の磁束量の比がリニアに徐々に変わっていくことによりコギングを低減する。しかし、端部でリング磁石中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角が $80 \sim 100^\circ$ からのずれが大きく、中央部と逆極の端部磁束量が小さくなる。

このように端部で特にずれが大きい磁石は、以下の製造方法の場合生じる。即ち、従来、ラジアル異方性リング磁石の成形においては、図1に示される垂直磁場垂直成形法により成形がなされるが、通常の方法では、先にも述べたが短尺のものしか製造できない。多段成形法では接合面より剥がれが生じ、磁極の乱れが生じるほか、分断されたり、剥がれ面に表面処理ができず、腐食の原因となる。

図1で垂直磁場垂直成形プレスにより配向を行う際、長尺化を行うためにコアの飽和磁化以上の磁場を印加すると、コアの飽和後は上パンチの磁場コイルと下パンチの磁場コイルからの磁力線が、コアを介さずに対向してぶつかり、ラジアル方向に磁場が発生するものの、コアの中心線とラジアル異方性付与方向とのなす角が $80 \sim 100^\circ$ から大きく逸脱し、この傾向は上下パンチ付近で大きくなる。このためリング磁石中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角が磁石端部

20 で小さくなり、この方法はラジアルリング磁石の製造には適さない。

従って、磁石全般にわたり、リング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下であることが必要である。

更に、磁石の配向度 f は以下の式で算出される。

$$f = Br / [I_s \times \{ \rho / \rho_0 \times (1 - \alpha) \}^{2/3}]$$

B_r : 残留磁束密度

I_s : 飽和磁化

ρ : 焼結体密度

ρ_0 : 理論密度

5 α : 非磁性相の体積率

配向度が低いと、磁石より発生する磁束量が少なくなり、モータトルクが小さくなり、また、そればかりか着磁性が損なわれるおそれがあり、モータの着磁の際には、モータのロータを使つての着磁が多く、着磁性の低下は大きな問題となる場合がある。従つて、ラジアル異方性リング磁石では、磁石粉の平均配向度は
10 80%以上であることが好ましく、より好ましくは80~100%である。

また、組み立て作業性を考慮すると、リング磁石の中心方向の長さをリング磁石の内径で割った値(L寸/磁石内径)は0.5以上、好ましくは0.5~5.0とするとよい。

このようなラジアルリング磁石の製造方法は以下の水平磁場垂直成形法を採用
15 することが好ましい。ここで、図3は、円筒磁石の成形時、磁場中配向を行うための水平磁場垂直成形装置の説明図であり、特にモータ用磁石の水平磁場垂直成形機である。ここで、図1の場合と同様、1は成形機架台、2は配向磁場コイル、3はダイスを示し、また5aはコアを示す。6は上パンチ、7は下パンチ、8は充填磁石粉であり、また9はポールピースを示す。

20 本発明においては、上記コア5aの少なくとも一部、好ましくは全体を飽和磁束密度5kG以上、好ましくは5~24kG、更に好ましくは10~24kGの強磁性体にて形成する。かかるコア材質としては、Fe系材料、Co系材料及びそれらの合金材料等の素材を用いた強磁性体が挙げられる。

このように、飽和磁束密度5kG以上を有する強磁性体をコアに使用すると、
25 磁石粉に配向磁界を印加する場合、磁束は強磁性体に垂直に入ろうとするためラジアルに近い磁力線を描く。従つて、図4aに示されるように、磁石粉充填部の磁界方向をラジアル配向に近づけることができる。これに対し、従来はコア5b全体を非磁性又は磁石粉と同等の飽和磁束密度を有した材料を用いており、この場合、磁力線は図4bに示したように、互いに平行で、図において中央付近はラ

ジアル方向であるが、上側及び下側に向うにつれてコイルによる配向磁場方向となる。コアを強磁性体で形成してもコアの飽和磁束密度が5 k G未満の場合、コアは容易に飽和してしまい、強磁性コアを用いたにもかかわらず、磁場は図4 bに近い状態となる。加えて、5 k G未満では充填磁石粉の飽和密度（磁石の飽和磁束密度×充填率）と等しくなり、充填磁石粉及び強磁性コア内での磁束の方向はコイルの磁界方向に等しくなってしまう。

また、コアの一部に5 k G以上の強磁性体を用いた際も上記と同様な効果が得られ有効であるが、全体が強磁性体であることが好ましい。

ただ、コア材質を単に強磁性体にて形成するだけでは、コイルによる配向磁場方向に対し垂直方向近傍方向でラジアル配向とならない。磁場中に強磁性体がある場合、磁束は強磁性体に垂直に入ろうとし強磁性体に引き寄せられるため、強磁性体の磁場方向面では磁束密度が上昇し、垂直方向では磁束密度が低下する。このため、金型内に強磁性体コアを配した場合、充填磁石粉において強磁性体コアの磁場方向部では強い磁場により良好な配向が得られ、垂直方向部ではあまり配向しない。これを補うために磁石粉をコイルによる発生磁場に対し、印加中又は印加後、相対的に回転させ、不完全配向部を磁場方向の強い磁場部で磁場を変化させて再度配向することで、良好な磁石が得られる。より好ましくは印加後又は最初に印加した磁場の1/3以下の磁場中に相対的に回転させるとよい。なお、ここではじめに配向した部分に関しては、その後の配向時に垂直方向部となることがあり得るが、この部分の磁束密度は小さいので、最初の良好な配向はあまり乱されない。

ここで、磁石粉をコイルによる発生磁場に対し、相対的に回転させる方法としては、下記(i)～(v)

- (i) 磁場印加中、磁石粉を金型周方向に所定角度回転させる、
- 25 (i i) 磁場印加後、磁石粉を金型周方向に所定角度回転させ、その後再び磁場を印加する、
- (i i i) 磁場印加中、磁場発生コイルを磁石粉に対し金型周方向に所定角度回転させる、
- (i v) 磁場印加後、磁場発生コイルを磁石粉に対し金型周方向に所定角度回転

させ、その後再び磁場を印加する、

(v) 複数のコイル対を用い、1つのコイル対に磁場印加した後、他のコイル対に磁場を印加する

5 5 の操作のうち少なくとも一の操作を1回又は繰り返して磁場を変化させて複数回
行うものである。

なお、充填磁石粉の回転については、図5で示すように磁石粉をコイルによる発生磁場方向に対し、相対的に回転できれば、配向磁場コイル2、コア5a、ダイス3、上下パンチ6、7のいずれかを回転させてもよい。このうち特に、磁場印加後、充填磁石粉を回転させる際、強磁性コア及び磁石粉の残留磁化を50G
10 以上、好ましくは100G以上存在させておけば、磁石粉は強磁性コアとの間に磁気的な吸引力が発生するため、強磁性コアを回転させるだけで磁石粉も回転させることができる。

複数のコイル対を用い一方に磁場印加後、他方に磁場印加させても、磁場方向と磁石粉を相対的に回転させたのと同義であるため、この方法を用いても同様な
15 効果が得られる。

成形直前の磁場印加前の回転においては、回転後の印加磁場が小さいため、回転中に大きな磁場が印加されると最後の磁場印加の効果が現れなくなる。従って回転中の磁場は、0～0.5kOeが好ましい。より好ましくは0.3kOe以下で、典型的には無磁場が好ましい。回転角度については回転前の磁場印加により乱された部位は回転前の磁場方向に対し垂直方向であるので、この部位の乱れを改善するために回転角度は、好ましくは $60 \sim 120^\circ + n \times 180^\circ$ (nは0以上の整数)、より好ましくは $90^\circ + n \times 180^\circ$ (nは0以上の整数) $\pm 10^\circ$ 。典型的には $90^\circ + n \times 180^\circ$ (nは0以上の整数)。印加磁場強度は、回転前の磁場強度が、強いと磁場方向に対し垂直方向でのラジアル配向からの乱れが大きいので、回転後の磁場強度も回転前の磁場が弱い場合よりも大きく
20 しなければ、配向の乱れは改善されず、大きすぎると磁場方向の垂直方向にラジアル配向からの乱れが発生してしまうため、磁場は回転前に印加した磁場の $1/20 \sim 1/3$ 。より好ましくは $1/10 \sim 1/3$ にすることがよい。

ここで、水平磁場垂直成形装置で発生する磁場が大きい場合、図4aの5aの

コアが飽和してしまい、図 4 b に近い状態になり、配向磁界が径方向配向に近くなり、ラジアル配向とならなくなるため、磁場は 10 kOe 以下にすることが好ましい。強磁性コアを用いると磁束がコアに集中するため、コア周辺では、コイルによる磁場より大きな磁場が得られる。しかし、磁場があまり小さいとコア周辺においても配向に十分な磁場が得られなくなるため、0.5 kOe 以上が好ましい。前述のように強磁性体周辺では磁束が集まり、磁場が大きくなるため、ここで言う水平磁場垂直成形装置で発生する磁場とは、強磁性体から十分に離れた場所における磁場、又は、強磁性コアを取り除いて測定したときの磁場の値を意味する。

10 磁石粉をコイルによる発生磁場方向に対し相対的に回転させ、不完全配向部を磁場方向の強い磁場より再度配向することができ、はじめに配向した部分に関しては、その後の配向時に垂直方向部となることがあり得るが、この部分の磁束密度は小さいので、最初の良い配向はあまり乱されないことを説明したが、発生磁場が比較的大きいとき、部分的な乱れが生じる場合がある。このような場合は、成形直前、磁場をかけない状態で、コイル磁場に対し、相対的に 90° 程度
15 磁石粉を回転させた後、成形時より低い磁場、好ましくは 0.5 ~ 3 kOe の磁場を印加し、成形することにより、磁場方向のみ再配向でき、より完全なラジアル配向が得られる。成形前の水平磁場垂直成形装置で発生する磁場が 3 kOe を超えてしまうと、前述のようにこれ以上大きな磁場を印加すると良好な配向をすでに得られている部分に不必要な磁場がかかるため好ましくなく、0.5 kOe
20 未満では、磁場が弱すぎて配向が改善されないため、0.5 ~ 3 kOe とすることが好ましい。

更に、本発明では、数回にわたり配向させるとよいが、多段階で磁場を下げていくことが好ましい。特に 3 回にわたり配向させることが好ましい。5 回までに
25 した方が特性の点から好ましい。

本発明は、上記のように成形するものであるが、それ以外は通常の水平磁場垂直成形法により磁石粉に配向磁界を印加して、50 ~ 2000 kgf/cm² の加圧範囲で成形し、更に不活性ガス下で 1000 ~ 1200℃ で焼結し、必要により時効処理、加工処理等を施し、焼結磁石を得ることができる。ここで、本発

明においては、1回の給粉、1回の加圧で所用軸長の磁石を得ることができるが、複数回の加圧により磁石を得るようにしてもよい。

なお、磁石粉としては、特に制限されるものではなく、Nd-Fe-B系の円筒磁石を製造する場合に好適であるほか、フェライト磁石、Sm-Co系希土類磁石、各種ボンド磁石等の製造においても有効であるが、いずれも平均粒径0.1~10 μm 、特に1~8 μm の合金粉を用いて成形することが好ましい。

以下、実施例と比較例を示し、本発明を具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に制限されるものではない。

[実施例、比較例]

10 それぞれ純度99.7重量%のNd、Dy、Fe、Co、M（MはAl、Si、Cu）と純度99.5重量%のBを用い、真空溶解炉で溶解鑄造してNd₂Fe₁₄B系磁石合金（Nd_{31.5}Dy₂Fe₆₂Co₃B₁Cu_{0.2}Al_{0.3}Si₁（重量%））インゴットを作製した。このインゴットをジョウクラッシャーで粗粉砕し、更に窒素気流中ジェットミル粉砕により平均粒径3.5 μm の微粉末を得た。この粉末を飽和磁束密度20 kGの強磁性体コア（S50C）を配置し、
15 図3の水平磁場垂直成形装置にて成形を行った。

実施例1として、コイルの発生磁場4 kOeの磁場中において配向させた後、コイルを90°回転させ、1 kOeの配向磁場を付与し、500 kgf/cm²の成形圧にて成形した。この際の金型形状は $\phi 30\text{ mm} \times \phi 17\text{ mm}$ 、キャピティ60 mm、磁石粉の充填率33%であった。成形体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き490℃で1時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石 $\phi 26\text{ mm} \times \phi 19\text{ mm} \times L 27\text{ mm}$ （L寸/内径=1.4）で、磁石中央部磁場方向から2 mm角の磁石を切り出し、VSMにて磁気測定を行ったところ、Br:12.1 kG、iHc:15 kOe、配向度8
20 9%であった。また、リング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度がLの中心で87°、上3 mmでは91°、下3 mmでは89°であった。

実施例2として、実施例1と同様な金型及び磁石粉を用い、磁石粉充填率32%、コイルの発生磁場4 kOeの磁場中において配向させた後、ダイスとコア及びパンチを90°回転させ、1.5 kOeの配向磁場を付与し、500 kgf

／ cm^2 の成形圧にて成形した。成形体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き490℃で1時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石 $\phi 26\text{mm} \times \phi 19\text{mm} \times L 27\text{mm}$ （L寸／内径＝1.4）で、磁石中央部磁場方向から2mm角の磁石を切り出し、VSMにて磁気測定を行ったところ、 $B_r : 12.0\text{kG}$ 、 $iH_c : 15\text{kOe}$ 、配向度88%であった。

実施例3として、実施例1と同様な金型及び磁石粉を用い、磁石粉充填率32%とし、コイルの発生磁場4.5kOeの磁場中において配向させた後、先端部の残留磁化が0.2kGのコアを90°回転させた。このときの磁石粉の残留磁化は600Gであった。その後0.7kOeの配向磁場を付与し、500kgf／ cm^2 の成形圧にて成形した。成形体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き490℃で1時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石 $\phi 26\text{mm} \times \phi 19\text{mm} \times L 27\text{mm}$ （L寸／内径＝1.4）で、磁石中央部磁場方向から2mm角の磁石を切り出し、VSMにて磁気測定を行ったところ、 $B_r : 11.9\text{kG}$ 、 $iH_c : 15\text{kOe}$ 、配向度87%であった。

実施例1, 2, 3の磁石は、その後加工を行い、 $\phi 25\text{mm} \times \phi 20\text{mm} \times L 25\text{mm}$ の円筒磁石とした。

上記の円筒磁石を図6に示す着磁機にて6極、20°でスキュー着磁し、着磁後の磁石を磁石と同一高さの図7に示す構成のステータ内に組み込んだモータを作製した。

ここで、11は円筒磁石、20は着磁機、21は着磁機磁極歯、22は着磁機コイル、30は3相モータ、31はステータ歯、32はコイルである。

実施例1のモータを5000rpmで回転させた際の誘起電圧及び同モータを5rpmで回転させた際の荷重計によるトルクリップルの大きさを測定した。その他の実施例においても同様に測定した。表1に誘起電圧の絶対値の最大及びトルクリップルの最大最小の差を示す。

実施例4として、実施例1と同じコイルを回転させることができる水平磁場垂直成形装置を用い、10kOeの磁場中において90°回転させながら配向を行い、その後、無磁場で90°回転させた後で1.5kOeの磁場中で再び配向させながら500kgf／ cm^2 の成形圧にて成形した。成形体はArガス中10

90℃で1時間焼結を行い、引き続き490℃で1時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石 $\phi 26\text{ mm} \times \phi 19\text{ mm} \times L 27\text{ mm}$ (L寸/内径=1.4)で、磁石中央部磁場方向から2mm角の磁石を切り出し、VSMにて磁気測定を行ったところ、 $B_r : 12.0\text{ kG}$ 、 $iH_c : 15\text{ kOe}$ 、配向度88%であった。実施例1と同一形状に磁石を加工し、モータ特性を測定した。

比較例1として、金型形状及びコア材質は実施例1と同じとし、ダイス材質は飽和磁束密度15kGのSKD11材を用いた垂直磁場垂直成形装置を使い、磁石粉の充填率は33%として、上下のコイルより30kOeのパルス磁場を対向するように印加した。その後500kgf/cm²の成形圧にて成形した。成形体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き490℃で1時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石は、上下部 $\phi 27\text{ mm} \times \phi 19.5\text{ mm}$ 、中央部 $\phi 26\text{ mm} \times \phi 18.7\text{ mm} \times L 27\text{ mm}$ で、平均のL寸/内径=1.35で、磁石中央部磁場方向から2mm角の磁石を切り出し、VSMにて磁気測定を行ったところ、 $B_r : 11.8\text{ kG}$ 、 $iH_c : 15\text{ kOe}$ 、配向度87%であった。磁石の上下3mmではリング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が上は120°、下は60°であった。実施例1と同一形状に磁石を加工し、この磁石を実施例1と同様モータ特性を測定した。

比較例2として、金型形状及びコア材質は実施例1と同じとし、ダイス材質は飽和磁束密度15kGのSKD11材を用いた垂直磁場垂直成形装置を使い、磁石粉の充填率は28%として、上下のコイルより3kOeのパルス磁場を対向するように印加した。その後300kgf/cm²の成形圧にて成形した。成形体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き490℃で1時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石は、 $\phi 25.8\text{ mm} \times \phi 19.5\text{ mm} \times L 27\text{ mm}$ で平均のL寸/内径=1.4で、磁石中央部磁場方向から2mm角の磁石を切り出し、VSMにて磁気測定を行ったところ、 $B_r : 9.5\text{ kG}$ 、 $iH_c : 16\text{ kOe}$ 、配向度70%であった。実施例1と同一形状に磁石を加工し、モータ特性を測定した。

比較例3として、実施例1と同じ成形条件で4kOeの磁場で配向させ、その

後は同一とせず、回転させずにそのまま磁界中 500 kgf/cm^2 の成形圧にて成形した。成形体は Ar ガス中 1090°C で 1 時間焼結を行い、引き続き 490°C で 1 時間の熱処理を行った。このようにして得られたラジアル磁石 $\phi 26 \text{ mm} \times \phi 19 \text{ mm} \times L 27 \text{ mm}$ (L 寸/内径 = 1.4) で、磁石中央部磁場方向から 2 mm 角の磁石を切り出し、VSM にて磁気測定を行ったところ、 $B_r : 12.3 \text{ kG}$ 、 $iH_c : 15 \text{ kOe}$ 、配向度 90% であった。次に磁石中央部磁場方向からリング中心軸垂直面上 90° ずれた方向より同形状の 2 mm 角の磁石を切り出し、磁気測定を行ったところ、 $B_r : 2.5 \text{ kG}$ 、 $iH_c : 15.8 \text{ kOe}$ 、配向度 18% であった。実施例 1 と同一形状に磁石を加工し、モータ特性を測定した。

これらの結果を表 1 に示す。

[表 1]

	誘起電圧 (実効値) [mV / r p m]	トルクリップル [mNm]
実施例 1	15.7	6.7
実施例 2	15.8	6.7
実施例 3	15.6	6.6
実施例 4	15.3	6.5
比較例 1	13.2	8.4
比較例 2	9.5	5.9
比較例 3	11.8	6.3

表 1 より、比較例に対し実施例ではトルクに相応する誘起電圧が大きく改善されており、本発明がモータ用磁石の製造方法として優れた方法であることがわかる。

また、図 8 は実施例 1、図 9 は比較例 3 の着磁後のロータ磁石の表面磁束を測定したものである。実施例は比較例に対し各極が均一化しており、かつ極の面積が大きくなっており、実施例は大きな磁場を均一に発生できることがわかる。

本発明によれば、磁気特性の良好なラジアル異方性リング磁石を提供し得る。

請 求 の 範 囲

1. 磁石全般にわたり、リング磁石の中心軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下であることを特徴とするラジアル異方性リング磁石。
 - 5 2. ラジアル異方性リング磁石におけるリング磁石中心軸との垂直面上において、ラジアル方向に対する磁石粉の平均配向度が 80% 以上であることを特徴とする請求項1に記載のラジアル異方性リング磁石。
 3. リング磁石の中心軸方向の長さを内径で割った値が 0.5 以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載のラジアル異方性リング磁石。
 - 10 4. 円筒磁石用成形金型のコアの少なくとも一部の材質に飽和磁束密度 5 kG 以上を有する強磁性体を用い、金型キャビティ内に充填した磁石粉を水平磁場垂直成形法により磁石粉に配向磁界を印加して成形することにより、ラジアル異方性リング磁石を製造する方法であって、下記(i)～(v)
 - (i) 磁場印加中、磁石粉を金型周方向に所定角度回転させる、
 - 15 (i i) 磁場印加後、磁石粉を金型周方向に所定角度回転させ、その後再び磁場を印加する、
 - (i i i) 磁場印加中、磁場発生コイルを磁石粉に対し金型周方向に所定角度回転させる、
 - (i v) 磁場印加後、磁場発生コイルを磁石粉に対し金型周方向に所定角度回転させ、その後再び磁場を印加する、
 - 20 (v) 複数のコイル対を用い、1つのコイル対に磁場印加した後、他のコイル対に磁場を印加する
- の操作のうち少なくとも一の操作を行い、磁石粉に対し一方向よりも多くの方向から磁場を印加して、加圧成形で製造され、磁石全般にわたりリング磁石の中心
- 25 軸とラジアル異方性付与方向とのなす角度が 80° 以上 100° 以下であるラジアル異方性リング磁石を得ることを特徴とするラジアル異方性リング磁石の製造方法。
5. 充填磁石粉を回転させる際、コア、ダイス及びパンチのうち少なくとも1つを周方向に回転させることで充填磁石粉を回転せしめることを特徴とする請求項

4記載のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

6. 磁場印加後充填磁石粉を回転させる際、強磁性コア及び磁石粉の残留磁化の値が50 G以上であり、コアを周方向に回転させることで磁石粉を回転せしめることを特徴とする請求項4記載のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

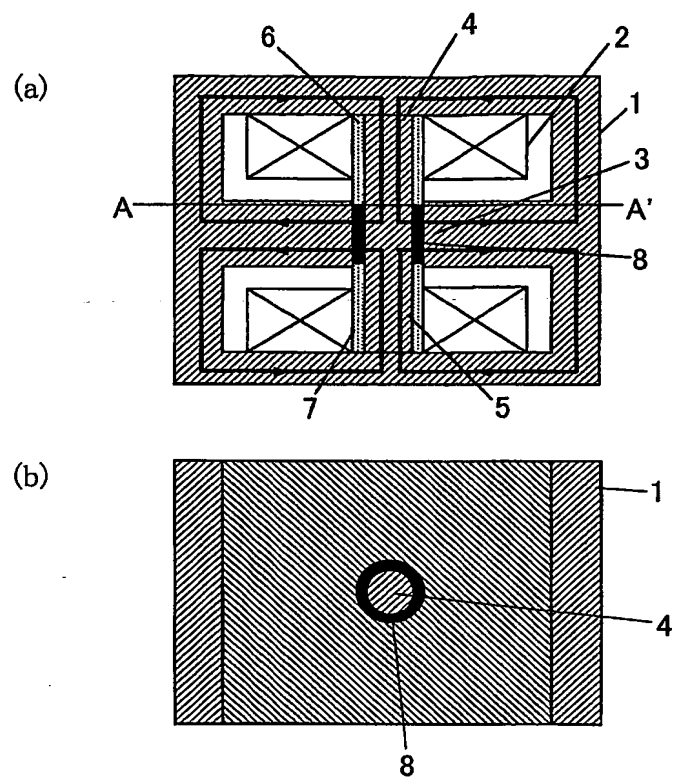
5 7. 水平磁場垂直成形工程で発生する磁場が0.5～10 kOeであることを特徴とする請求項4乃至6のいずれか1項記載のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

8. 成形直前又は成形中の水平磁場垂直成形装置で発生する磁場が0.5～3 kOeであることを特徴とする請求項4乃至7のいずれか1項記載のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

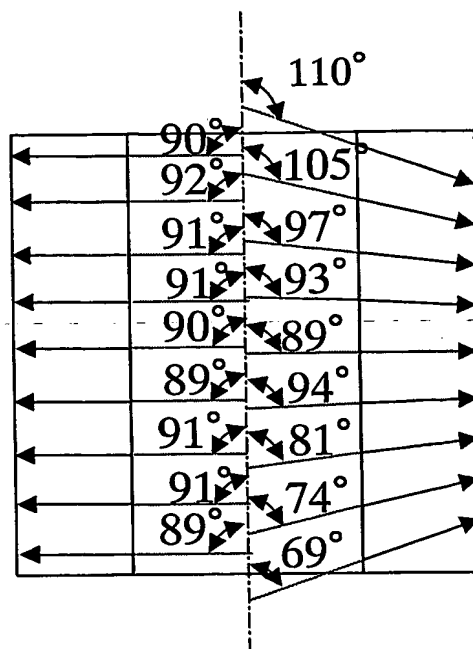
10 9. 1回又は複数回の磁場印加後、コイルよりの発生磁場を0～0.5 kOe未満にした状態で磁石粉を $60 \sim 120^\circ + n \times 180^\circ$ (n は0以上の整数)で回転させ、更にその前に印加した磁場の $1/20 \sim 1/3$ の大きさの磁場を印加し、印加後又は印加中成形することを特徴とする請求項4乃至8のいずれか1項

15 記載のラジアル異方性リング磁石の製造方法。

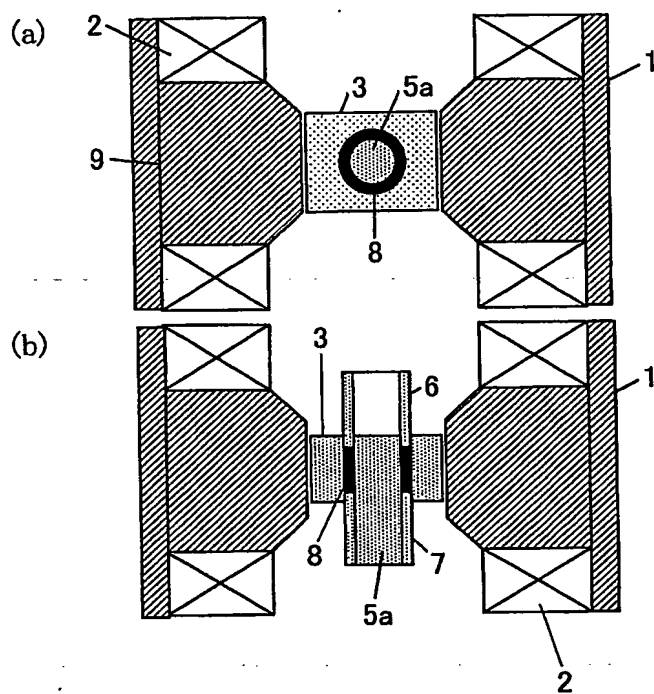
第 1 図



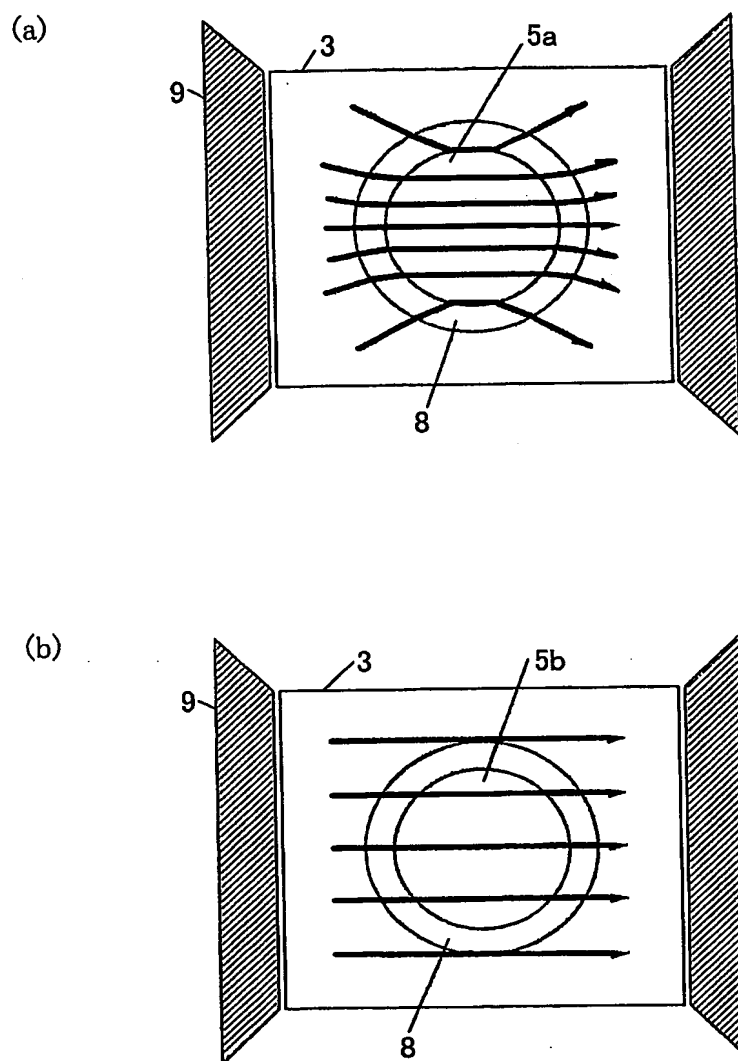
第 2 図



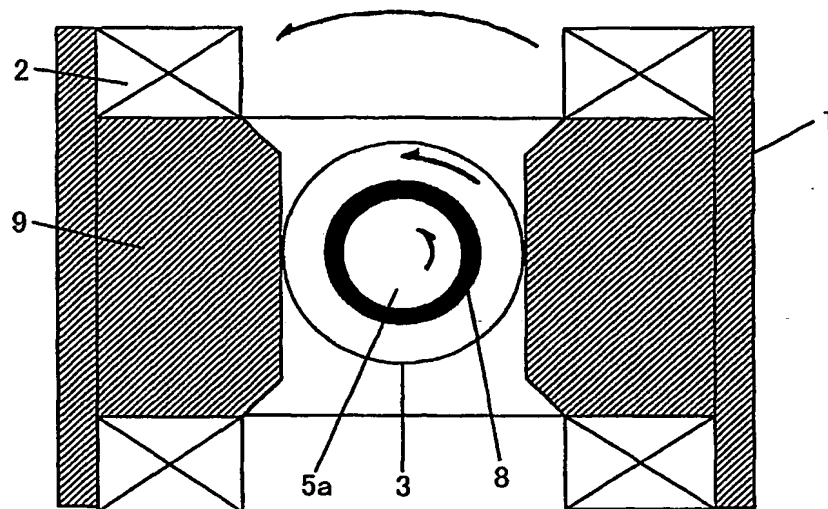
第 3 図



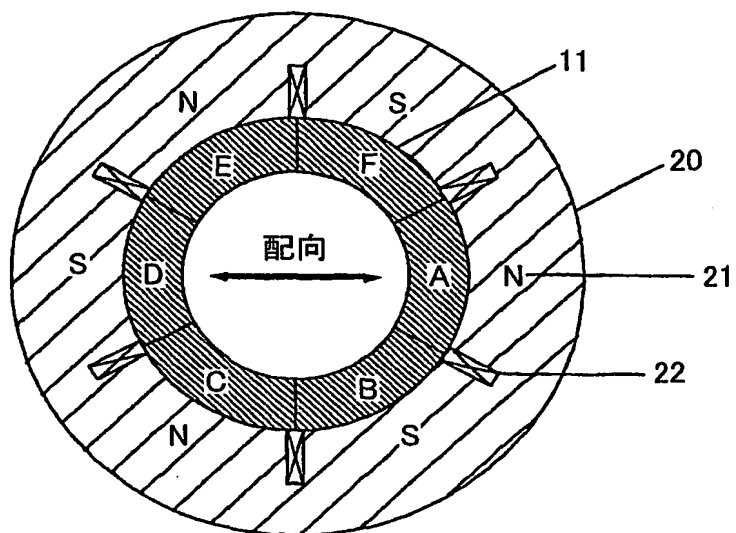
第 4 図



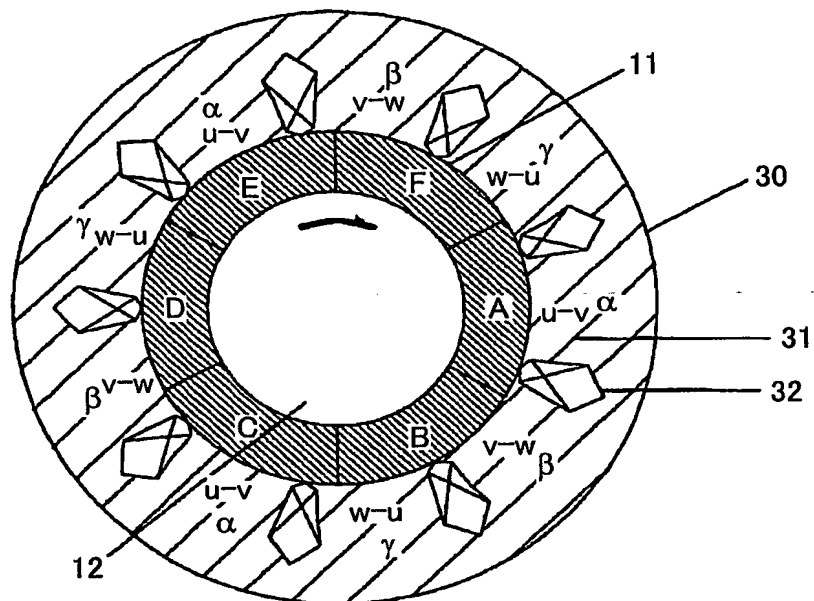
第 5 図



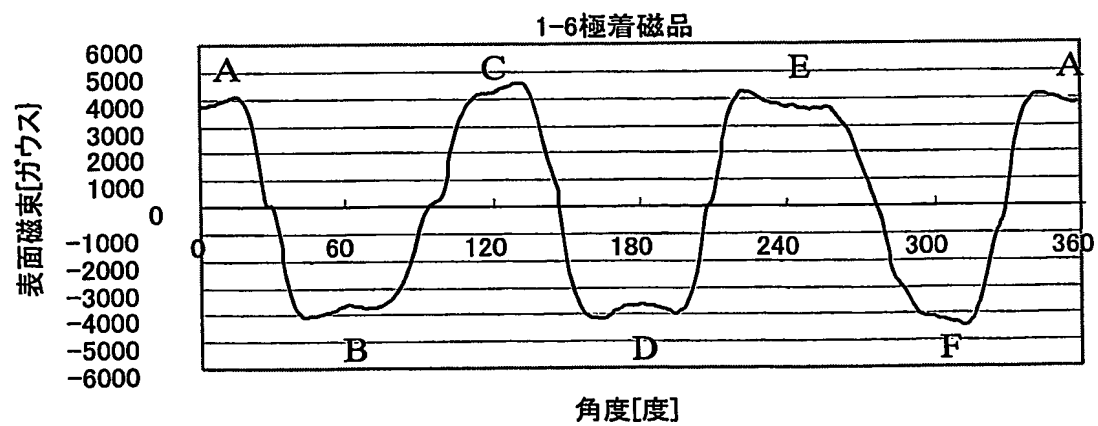
第 6 図



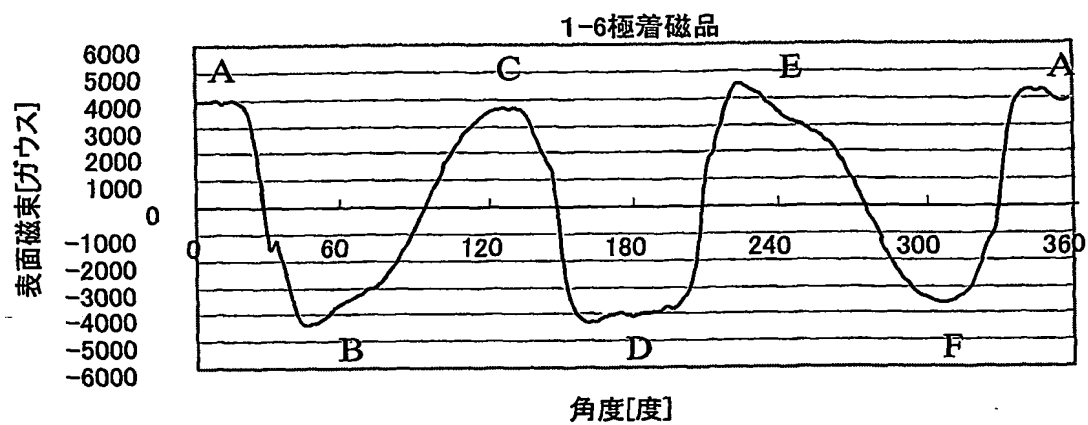
第 7 図



第 8 図



第 9 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/10844

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01F7/02, H01F41/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01F7/02, H01F41/02, H01F1/08, H02K1/17, H02K1/27,
H02K15/03

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-176723 A (Hitachi Metals, Ltd.), 29 June, 2001 (29.06.01), Par. Nos. [0010] to [0012]; Figs. 1 to 3 & US 2002/75110 A1	1, 3 2
Y	JP 61-154118 A (TDK Corp.), 12 July, 1986 (12.07.86), Page 3, lower right column, lines 10 to 12 (Family: none)	2
Y A	JP 52-26498 A (Suwa Seikosha Kabushiki Kaisha), 28 February, 1977 (28.02.77), Full text; all drawings (Family: none)	4-8 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex:

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
04 November, 2003 (04.11.03)

Date of mailing of the international search report
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10844

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 3-39415 A (Mitsubishi Metal Corp.), 20 February, 1991 (20.02.91), Full text; all drawings (Family: none)	4-8 9
A	JP 5-144632 A (Kawasaki Steel Corp.), 11 June, 1993 (11.06.93), Full text; all drawings (Family: none)	4-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 7/02, H01F 41/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 7/02, H01F 41/02, H01F 1/08, H02K 1/17, H02K 1/27, H02K 15/03

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2001-176723 A (日立金属株式会社) 2001.06.29, 【0010】～【0012】, 図1～3 & US 2002/75110 A1	1, 3 2
Y	JP 61-154118 A (ティーディーケー株式会社) 1986.07.12, 第3頁右下欄第10～12行 (ファミリーなし)	2
Y A	JP 52-26498 A (株式会社諏訪精工舎) 1077.02.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	4-8 9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.11.03

国際調査報告の発送日

18.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 正文

5R

8835

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) . 関連すると認められる文献 .

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P 3-39415 A (三菱金属株式会社) 1991. 02. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	4-8 9
A	J P 5-144632 A (川崎製鉄株式会社) 1993. 06. 11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	4-9